Über die Verteilung des Wuchsstoffes in der Pflanze während ihrer Entwicklung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt am Main

vorgelegt von

FRANZ MEYER
aus Eickelborn in Westfalen.

1 9 3 6

Konkordia A.G. für Druck und Verlag, Bühl-Baden

Über die Verteilung des Wuchsstoffes in der Pflanze während ihrer Entwicklung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt am Main

vorgelegt von

FRANZ MEYER
aus Eickelborn in Westfalen.

1936

Konkordia A.G. für Druck und Verlag, Bühl-Baden

Referent: Professor Dr. F. Laibach.

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Dezember 1935.

Meiner Mutter gewidmet

Einleitung.

In der vorliegenden Arbeit soll über Untersuchungen berichtet werden, die die Feststellung zum Ziele hatten, wie in den einzelnen Organen der Pflanze der Wuchsstoff verteilt ist, und wie sich der Gehalt im Laufe der Entwicklung ändert. Es wurde dabei nur auf solche Stoffe geprüft, die das Streckungswachstum der Haferkoleoptile beeinflussen. Daß derartige Stoffe im ganzen Pflanzenreiche verbreitet sind, kann ja heute keinem Zweifel mehr unterliegen.

Boysen Jensen (1931) untersuchte 20 Bakterienarten und fand bei 16 von ihnen „Wachstumsregulatoren". Van der Weij (1933) prüfte mehrere Meeresalgen auf Wuchsstoffgehalt; aus **Valonia macrophysa** Ktz. gelang es ihm, mittels peroxydfreiem Äther einen an Avena-Koleoptilen wirksamen Stoff zu extrahieren. Bei anderen Algen waren die Versuche ergebnislos.

Nielsen (1930), Boysen Jensen (1931), Dolk und Thimann (1932) und Thimann und Dolk (1933) konnten aus mehreren niederen Pilzen einen Stoff gewinnen, der die Avena-Koleoptile fördernd beeinflußte. Die letztgenannte Arbeit beweist u. a., daß die Wuchsstoffproduktion mit der Sporangienbildung parallel geht.

Frl. Heinz stellte 1934 im hiesigen Institut nach der Laibachschen Pastenmethode Wuchsstoff in den Pilzen **Coprinus fimetarius** Fr. und **Marasmius scordonius** Fr. fest. Ihre Untersuchungen wurden bisher nicht veröffentlicht. Sie erbrachten auch den Beweis für das Vorhandensein von Wuchsstoff in Moosen und zwar bei **Polytrichum** und **Mnium**. Bei allen Pflanzen — auch **Equisetum** ist hier zu nennen — zeigten die fertilen Teile einen höheren Gehalt als die vegetativen. Rhizome von **Polypodium** untersuchte Laibach (1934) mit positivem Erfolg; Sporen von **Polytrichum** und **Blechnum spicant** With. enthalten Wuchsstoff, wie unveröffentlichte Untersuchungen von Frl. Abel (1934) aus dem hiesigen Institut erwiesen[1].

[1] Auf Harnwuchsstoff in sehr starker Verdünnung reagierten — ebenfalls nach Untersuchungen von Frl. Heinz — Stiele von **Coprinus fimetarius** bei Anwendung der Laibachschen Technik mit bis zu —70° Krümmung. Interessant ist, daß auf die gleiche Paste die Avena-Koleoptile nur mit —10° ansprach. Auch auf die Archegonienträger von **Fegatella conica** Corda wirkt Harnwuchsstoff in viermal so starker Konzentration wie bei Coprinus und erzeugt deutliche negative Krümmungen.

Von den zahlreichen Arbeiten, die sich mit dem Wuchsstoff in höheren Pflanzen befassen, seien nur die in letzter Zeit erschienenen genannt. Söding (1932) wies Wuchsstoff in **Heliopsis laevis** P. und **Ornithogalum** nach; Maria Fliry (1933) in der Plumula von **Helianthus**. Laibach stellte 1932 aktive Substanz in den Pollen verschiedener Malvaceen fest, ferner in den Pollinien tropischer Orchideen, Laibach und Maschmann (1933) in den Pollen von **Cucurbita pepo** L., Maschmann und Laibach (1933) in Erbsen, Bohnen, Linsen, Tomaten, Apfelsinen und Zitronen. Van Overbeek (1933) wies durch umfangreiche Untersuchungen an **Raphanus** nach, daß die Kotyledonen den Wuchsstoff bilden und daß nach ihrer Entfernung die Hypokotylspitze diese Funktion übernimmt. In jungen Blättern von **Elaeagnus angustifolia** L. fanden van der Weij (1933 b), in jungen Maiswurzeln Boysen Jensen (1933) Wuchsstoff. Bei **Lupinus** und **Vicia faba** L. wiesen Dijkmann (1934) und van der Laan (1934) Wuchsstoff in allen wachsenden Teilen nach; ein besonderes Produktionszentrum ist nicht vorhanden. Wuchsstoff in Holzpflanzen stellten Czaja (1934) und in Haferkörnern Cholodny (1935) fest.

Über die Verteilung des Wuchsstoffes in den einzelnen Organen der Pflanze lagen bisher nur wenige Untersuchungen vor, unter denen die kürzlich erschienenen Arbeiten von Thimann (1934) und Avery jr. (1935) besonders erwähnt seien. Der erstere extrahierte mittels Chloroform Wuchsstoff aus Weizenkeimlingen, aus Pollen von **Sequoia** und aus den Endknospen von **Vicia faba**. Wässerige Blattextrakte von **Vicia faba** hemmten die Wirksamkeit von wuchsstoffhaltigen Substanzen. Thimann schreibt diese Wirkung der Blattextrakte enzymatischen Stoffen zu, den Oxydasen, die in pflanzlichen und tierischen Geweben weit verbreitet sind. Extrakte aus Blättern von Pflanzen, die diese Oxydasen nicht enthalten, wie z. B. die Malvaceen, sind fast ohne schädigende Wirkung. Besonders eingehend studierte er die Verteilung des Wuchsstoffes im Haferkeimling. Nach seinen Ergebnissen nimmt die Konzentration gleichmäßig mit dem Abstande von der Spitze ab, und zwar in der Koleoptile genau wie in der Wurzel. In der Basis der Koleoptile wurde bisher nur wenig Wuchsstoff festgestellt, wenn man versuchte, ihn in Agar hineindiffundieren zu lassen. Beim Extrahieren nach der Thimannschen Methode ist es aber möglich, mehr Wuchsstoff nachzuweisen; so enthält die Basis der Koleoptile noch ungefähr halb so viel wie die Spitze. Der Verfasser schließt daraus auf zwei verschiedene Formen des Wuchsstoffes: eine, die in den Agar hineindiffundiert und eine, die das nicht tut, aber trotzdem noch zu extrahieren ist. Über den Wuchsstoff der Wurzel sagt Thimann nur, daß hier genau wie in der Koleoptile die Konzentration von der Spitze aus gleichmäßig abnimmt. Die Frage, ob in der Wurzelspitze der Wuchsstoff produziert wird, läßt er offen. Es könnte auch sein, daß nur Wuchsstoff in die Wurzelspitze geleitet und dort angehäuft wird.

Die Untersuchungen von Avery (1935) befassen sich mit der Verteilung des Wuchsstoffes in noch wachsenden Blättern von **Nicotiana**. Der Autor fand eine von der Spitze zur Basis stufenweise verschiedene Konzentration des Wuchsstoffes. Am distalen Ende ist sie gering und sukzessive höher nach der Basis zu. In der Mittelrippe findet eine Anhäufung des Wuchsstoffes statt; der Transport dahin geschieht durch die Seitenrippen. Der Wuchsstoff ist teilweise verantwortlich für das typische Wachstum eines Blattes. In der Mittelrippe ist er angehäuft, und deshalb wächst das Blatt stärker in Richtung der Mittelrippe als senkrecht dazu, wird also im allgemeinen länger als breit.

Mit der Verteilung des Wuchsstoffes in den einzelnen Organen der Pflanze zu den verschiedenen Zeiten der Entwicklung hat man sich bisher nicht eingehender beschäftigt. Die Untersuchung dieser Zusammenhänge ist aber für die Kenntnis von der Rolle, die der Wuchsstoff in der Entwicklung des pflanzlichen Organismus spielt und von der man eigentlich noch sehr wenig genaueres weiß, von großer Wichtigkeit.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547420_0050

Methodik.

Bei den bisherigen Untersuchungen wurde meist die Agarwürfelchen-Methode von F. W. Went (1928) angewandt, bei der Teile der zu untersuchenden Gewebe auf Agarscheiben gesetzt werden; der Wuchsstoff diffundiert in den Agar hinein, und dieser wird dann in gleichgroße Würfelchen geschnitten und so auf die eine Seite von dekapitierten Avena-Koleoptilen aufgesetzt. Die so behandelten Koleoptilen krümmen sich dann unter dem Einfluß des überströmenden Wuchsstoffes, und der Grad der Krümmung ist ein Maß für die im Agar enthaltene wirksame Substanz.

Für meine Untersuchungen wurde die von Laibach (1933) geschaffene Pastenmethode angewandt. Hier wird der Wuchsstoff der Haferkoleoptile in Form einer Paste dargeboten, was den Vorteil hat, daß man mit intaktem Testmaterial arbeiten kann und die Arbeit des Dekapitierens spart. Daß die Methode quantitativ ebenso geeignet ist wie die Agarwürfelmethode, geht aus Versuchen von F. Brecht (1936) hervor.

Herstellung der Pasten.

Die Normalmenge, auf die alle Versuche bezogen wurden, beträgt 10 g pflanzliche Substanz. Wenn bei manchen Versuchen von mehr Material — 20, 40 oder 100 g, teilweise 500 g — ausgegangen wurde, blieb das Verhältnis immer gleich, indem dann die Wollfettmenge entsprechend erhöht wurde. Das Material wurde so fein wie möglich zerkleinert, in frischem Zustande gewogen und dann mit 10 bis 12 ccm Alkohol (96%) pro 10 g Substanz in einem Glaskolben mit Rücklaufkühler zwei Stunden im Wasserbad gekocht. Die Zeit von zwei Stunden wurde vorher als geeignet ermittelt. Der nach dem Abdampfen verbleibende Rückstand wurde im Mörser zerrieben und mit einem Gramm wasserfreiem Wollfett (adeps lanae anhydricus) vermengt. Bei einer größeren Menge Ausgangsmaterial wurde entsprechend mehr Wollfett zugegeben. Manche Pasten wurden auch in verschiedenen Verdünnungen geprüft. Dazu wurde je ein Gramm Ausgangspaste mit einem Gramm Wollfett verrieben. Öfters war nämlich eine positive Krümmung der

Testpflanze (d. h. also zur bestrichenen Flanke hin) zu beobachten; das konnte seinen Grund darin haben, daß entweder die enthaltenen Wuchsstoffmengen zu stark waren und schädigend auf die Koleoptile wirkten, oder daß unbekannte, das Wachstum der Testpflanze hemmende Stoffe die Wirkung des Wuchsstoffes überdeckten. Bei geeigneter Verdünnung war es nun öfters möglich, das Optimum der Wirkung herauszufinden. Bei manchen Pflanzen wurden die Extrakte nicht mit reinem Alkohol (96%), sondern mit vergälltem (Zusatz von Methylalkohol) gewonnen; mehrere Parallelversuche (Tab. II, Nr. 4 und 21; Tab. VI, Nr. 5) zeigten allerdings, daß die Ausbeute bei Verwendung von unvergälltem Alkohol manchmal besser war. Da bei der Untersuchung einer Pflanze alle Extrakte jeweils mit dem gleichen Extraktionsmittel gemacht wurden, blieb das Verhältnis unverändert.

Das benötigte Pflanzenmaterial wurde zum Teil im Gewächshaus des Institutes und zum Teil im Botanischen Garten der Universität aus Samen der Firma Kahl, Frankfurt a. M., angezogen. Das Material der untersuchten perennierenden Pflanzen stammte ebenfalls aus dem Botanischen Garten oder aus dem Frankfurter Palmengarten.

Test.

Als Testobjekt wurde die Avena-Koleoptile verwendet. Die Anzucht des Materials (Svalöfer Siegeshafer) geschah in der bekannten Weise, wie sie von Laibach und Kornmann (1933) dargestellt ist. Die zu untersuchende Paste wurde an intakte Koleoptilen einseitig und zwar immer auf der Schmalseite angestrichen. Die Anzahl der für jeden Versuch gebrauchten Testpflanzen betrug meist 12; bei vielen wichtigen Bestimmungen jedoch über 30, während bei einigen Versuchen, bei denen es weniger auf genaue quantitative Feststellungen ankam, z. B. beim Durchprüfen einer Reihe von Verdünnungen, bis auf sechs Keimlinge heruntergegangen wurde. Die Arbeiten wurden in der Dunkelkammer bei rotem Licht ausgeführt; die Temperatur des Raumes betrug zirka 22° Celsius. Es kommt bei den Versuchen, wie F. Brecht im hiesigen Institut gezeigt hat, im wesentlichen darauf an, daß

1. die Paste möglichst sorgfältig verrührt wird, und
2. die Kontaktfläche zwischen Keimling und Paste jeweils möglichst gleich groß ist.

Als weniger wichtig hat sich inzwischen herausgestellt, daß immer eine gleich große Menge Paste aufgebracht wird. Bei einiger Übung gelingt es übrigens auch recht gut, immer eine ziemlich gleiche Quantität Paste aufzutragen, wenn man nämlich die Paste auf einen Objektträger streicht

und immer gleiche Streifen abnimmt. Etwaige der Koleoptile anhaftende Wassertropfen werden vorher mittels Fließpapier abgetupft. Gemessen wurden die Krümmungen stets nach 24 Stunden.

Versuche.

1. **Helianthus annuus** L.

Aus **Helianthus annuus** wurden 38 Pasten hergestellt. Dem zerkleinerten Material wurden einige Tropfen Essigsäure ($^1/_{1000}$ normal) zugesetzt. Die Ergebnisse zeigen die nachfolgende Tabelle I und die Abb. 1 (am Schlusse).

Tabelle I.

Helianthus annuus.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	Samen, ohne Schalen, durch Kochen abgetötet	14	14	0	0	87—98°	93°	0°	0°
2	Samenschalen	14	0	0	14	0°	0°	0°	0°
3	Samen 2 Tage in Wasser gequollen	21	21	0	0	33—75°	52°	0°	0°
4	Keimlinge 1½ Wochen alt	13	13	0	0	37—47°	41°	0°	0°
5	Kotyledonen von 3 Wochen alten Pflanzen	19	19	0	0	29—34°	32°	0°	0°
6	Epikotylspitzen v. 3 Wochen alten Pflanzen . . .	10	8	0	2	23°	23°	0°	0°
7	Wurzeln von 3 Wochen alten Pflanzen	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
8	Hypokotyle, sofort nach dem Dekapitieren abgeschnitten	22	11	0	11	33—40°	37°	0°	0°
9	Hypokotyle, 6 Stunden nach dem Dekapitieren abgeschnitten	15	1	8	6	10°	10°	17°	17°
10	Hypokotyle, 48 Stunden nach dem Dekapitieren abgeschnitten	12	10	0	2	62—65°	64°	0°	0°
11	Von 60 Pflanzen je ein Kotyledo, sofort nach dem Abschneiden verkocht . . .	16	13	0	3	50—68°	60°	0°	0°

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
12	Von 60 Pflanzen je ein Kotyledo, vor dem Kochen an der Luft getrocknet . . .	14	13	0	1	40—60°	45°	0°	0°
13	10 g Kotyledonen v. älteren (4 Wochen) Pflanzen, sofort nach dem Abschneiden verkocht	19	3	0	16	10—15°	13°	0°	0°
14	Wie Nr. 13, an Luft getrocknet	25	7	0	18	5—12°	9°	0°	0°
15	Kotyledonen v. etiolierten Pflanzen, 20 cm lang . . .	27	22	0	5	33—73°	55°	0°	0°
16	Hypokotyle von etiolierten Pflanzen, 20 cm lang . . .	15	8	0	7	10°	10°	0°	0°
15a	Wie Nr. 15	19	14	0	5	30—160°	59°	0°	0°
16a	Wie Nr. 16	16	11	0	5	13—34°	20°	0°	0°
17	Spitzen von 5½ Wochen alten Pflanzen	12	4	0	8	10°	10°	0°	0°
18	Spitzen von 10½ Wochen alten Pflanzen	12	5	0	7	10—39°	18°	0°	0°
19	Stengelteile aus verschiedenen Regionen von zirka 1.80 m hohen Pflanzen, Blütenansätze vorhanden . .	13	13	0	0	80—90°	88°	0°	0°
20	Blütenstände, unreif, ⌀ 3 cm	16	8	7	1	18—20°	19°	20°	20°
21	Wie Nr. 20, ⌀ 4 cm . . .	13	12	0	1	20°	20°	0°	0°
22	Geöffnete Blütenstände, innere Teile, Abb. 3 . . .	27	18	0	9	14—17°	16°	0°	0°
23	Blüten mit außenliegenden Pollen, Abb. 4	25	13	0	12	15—20°	18°	0°	0°
24	Blüten mit herausragenden Griffeln, Abb. 5	20	15	0	5	29—35°	32°	0°	0°
25	Blüten, sofort nach der Befruchtung	38	30	0	8	32—67°	60°	0°	0°
26	5 g Pollen, (ohne Kochen)	15	3	0	12	13°	13°	0°	0°
27	Blüten vom äußeren Rande	20	15	0	5	45—56°	50°	0°	0°
28	Noch nicht ausgereifte Samen (einschl. Schalen), Blüten abgefallen	14	14	0	0	79—118°	99°	0°	0°
29	Schalen von Nr. 28 . . .	15	15	0	0	25—68°	43°	0°	0°
30	Äußere große Blütenblätter	15	7	0	8	10—20°	13°	0°	0°
31	Hypokotyle, sofort nach dem Dekapitieren abgeschnitten (vgl. Nr. 8), 8^{00} h.	12	12	0	0	7—17°	13°	0°	0°

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
32	Hypokotyle, 6 Stunden nach dem Dekapitieren abgeschnitten (vgl. Nr. 9), 14^{00} h.	12	9	0	3	14—30°	18°	0°	0°
33	Hypokotyle, 48 Stunden nach dem Dekapitieren abgeschnitten (vgl. Nr. 10), 8^{00} h.	12	0	0	12	0°	0°	0°	0°
34	Hypokotyle, sofort nach dem Dekapitieren abgeschnitten, 17^{00} h.	12	8	0	4	2—11°	5°	0°	0°
35	Hypokotyle, die 6 Stunden dekapitiert ohne Licht standen, 23^{00} h.	12	10	0	2	9—20°	13°	0°	0°
36	Hypokotyle, 48 Stunden nach dem Dekapitieren abgeschnitten, 17^{00} h. . . .	12	8	0	4	2—12°	5°	0°	0°

Die Kotyledonen speichern offenbar den Wuchsstoff. Jedenfalls war die in ihnen nachgewiesene Menge stets größer als die in den oberen Vegetationspunkten des Sprosses. Daß der Wuchsstoff nicht etwa in den Kotyledonen produziert wird, zeigen Versuche mit etioliertem Material. Bekanntlich ist die Produktion des Wuchsstoffes an die assimilatorische Tätigkeit der Zelle, d. h. an Licht, gebunden. Ich habe Keimlinge in der Dunkelkammer angezogen und, nachdem sie zirka 10 cm lang gewachsen waren, bei rotem Licht abgeschnitten und in Alkohol gebracht. Die aus ihnen hergestellten Pasten (Versuche 15 bis 16a) zeigten erhebliche Wuchsstoffmengen, die also nur den Speicherorganen, den Kotyledonen, entstammen können. Die Prüfung des Wuchsstoffgehaltes im Hypokotyl ergab anfangs Widersprüche zu einer Arbeit von Strugger (1933), die sich eingehend mit dem Studium des Wachstums von Hypokotylen befaßt.

Zur weiteren Klärung der Verhältnisse wurde nun noch eine Reihe von Versuchen angestellt. Es wurden ebenfalls Hypokotyle dekapitiert und nach verschieden langen Zeiten extrahiert; die Ergebnisse, die z. T. von den zuerst gewonnenen abweichen, wurden am Ende der Tabelle I angeführt.

Bekanntlich bildet sich im dekapitierten Hypokotyl — im Gegensatz zur Koleoptile — kein neues Wuchsstoffbildungszentrum. Übereinstimmend mit Strugger konnte ich aus Hypokotylen, die ich 6 Stunden nach dem Dekapitieren verarbeitete, keine nennenswerten Wuchsstoffmengen

gewinnen (Vers. Nr. 9). Dagegen ergaben die sofort nach dem Dekapitieren abgeschnittenen Hypokotyle Krümmungen von 37°. In Hypokotylen, die 48 Stunden nach dem Dekapitieren verarbeitet wurden, waren erhebliche Wuchsstoffmengen vorhanden; Versuch Nr. 10 ergab Krümmungen von — 64°. Bei der Wiederholung (Vers. 33 und 36) zeigten sich jedoch nur geringe negative Krümmungen. Ähnliche Abweichungen waren auch bei den Versuchen zu beobachten, in denen Hypokotyle sechs Stunden dekapitiert stehen blieben. Für diese abweichenden Ergebnisse können nun zwei Ursachen maßgebend sein. Zunächst ist früher nicht genügend beachtet worden, daß es beim Dekapitieren sehr genau auf die Höhe des Schnittes ankommt. An der Basis der Kotyledonen befindet sich nämlich eine mehrere Millimeter herabreichende Verdickung. Unter dieser Anschwellung muß man den Schnitt führen, wenn man nicht Gefahr laufen will, dem Hypokotyl noch Gewebeteile der Plumula mit höherem Wuchsstoffgehalt oder mit gesteigerter Produktionsfähigkeit zu belassen. Weniger wichtig dürfte die Rolle sein, die bei diesen Versuchen das Licht spielt. In den jungen Hypokotylen wird es sich in der Hauptsache um herabgeleiteten Speicherwuchsstoff handeln; jedenfalls zeigten Pflanzen, die nach dem Dekapitieren sechs Stunden im Dunkeln standen und dann extrahiert wurden, nicht viel weniger Wuchsstoff als solche, die ebensolange im Tageslicht standen (Vers. Nr. 32 und 35). Hypokotyle, die 48 Stunden dekapitiert gestanden hatten, ergaben bei diesen Versuchen nur ganz geringe negative Krümmungen; die in Versuch 10 erzielten Krümmungen sind also wohl auf eine zu hohe Schnittführung beim Dekapitieren zurückzuführen.

Das Diagramm (Abb. 1) zeigt in der zweiten Hälfte Werte, die die Sproßspitzen vor und bei der Entstehung der Blüte ergaben. Auf Abbildung 2 sind in einem Längsschnitt durch einen **Helianthus**-Blütenstand und auf Abb. 3—5 die einzelnen Blüten besonders bezeichnet, aus denen das Material für die verschiedenen Pasten entnommen wurde; es wurden jeweils aus sechs großen Blütenständen die entsprechenden gleich weit entwickelten Blüten verbraucht. **Helianthus** blüht bekanntlich protandrisch von außen nach innen auf, so daß in einem Blütenstand immer Einzelblüten aller Stadien vorhanden sind. Nach erfolgter Befruchtung nahm der Wuchsstoffgehalt stark zu, um nach einem kleinen Abfall die Höhe des Ausgangssamens zu erreichen. Im Gegensatz zum trockenen Samen enthalten beim frischen die Samenschalen nennenswerte Wuchsstoffmengen (Versuch Nr. 29).

2. **Cucurbita pepo** L.

Zur Untersuchung von Kürbis diente eine nicht rankende Art „Cococelle von Tripolis". 29 Pasten, darunter 5 Verdünnungen, wurden geprüft. Wie Tabelle II und Diagramm 7 zeigen, liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei **Helianthus.**

Tabelle II.

Cucurbita pepo.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
01	Trockener Samen fein vermahlen 20 g auf 1 g Wollfett	12	0	7	5	0°	0°	8—38°	23°
1	Nr. 01 verdünnt: 1 g Paste + 1 g Wollfett	12	12	0	0	20—45°	33°	0°	0°
2	Kotyledonen von 6 Tage alten Pflanzen	11	8	0	3	8—14°	10°	0°	0°
3	Stengel von 6 Tage alten Pflanzen	12	0	0	12	0°	0°	0°	0°
4	Verschiedene Teile von 10 Tage alten Pflanzen, ohne Wurzeln	10	4	0	6	2— 7°	5°	0°	0°
4x	Wie Nr. 4, Auszug mit reinem Alkohol (96%)	10	8	0	2	3—11°	7°	0°	0°
5	Staubgefäße aus unreifen, noch geschlossenen Blüten	11	11	0	0	45—96°	54°	0°	0°
6	Filamente von Blüten wie Nr. 5	10	8	0	2	5°	5°	0°	0°
7	Stiele von reifen männlichen Blüten	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
8	Weibliche Blüten, unreif, vor der Befruchtung	11	6	0	5	5°	5°	0°	0°
9	Weibliche Blüten nach der Befruchtung	16	13	0	3	30—45°	29°	0°	0°
9x	Wie Nr. 9, Auszug mit reinem Alkohol (96%)	10	8	0	2	20—30°	25°	0°	0°
10	Blattstiele von 2 Monate alten Pflanzen (40 g auf 2 g Wollfett)	11	0	0	11	0°	0°	0°	0°
10a	Nr. 10 verdünnt (= normal)	8	3	0	3	5— 9°	6°	0°	0°
10b	Nr. 10a verdünnt	7	0	0	7	0°	0°	0°	0°
11	Blattspreiten von 2 Monate alten Pflanzen (100 g auf 5 g Wollfett)	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
11a	Wie Nr. 11 verdünnt (= normal)	10	6	0	4	10—20°	14°	0°	0°
11b	Wie Nr. 11a verdünnt	7	2	0	5	5°	5°	0°	0°
12	Spitzen von Sprossen mit bis zu 1 cm langen männlichen und weiblichen Blütenansätzen; zirka 2½ Monate alt	11	10	0	1	10—20°	15°	0°	0°

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
13	Teile des Hauptsprosses, ohne Spitze, ohne Wurzel, zirka 3 Monate alt . . .	12	1	0	11	10°	10°	0°	0°
14	Wurzeln von zirka 3 Monate alten Pflanzen . . .	12	0	0	12	0°	0°	0°	0°
15	Teile von 7—8 cm langen Früchten; Blüten abgefallen	12	7	0	5	10—20°	15°	0°	0°
16	Unreife Frucht; inneres schwammiges Gewebe, einschließlich Samen, zirka 3 Monate alt	8	4	0	4	10°	10°	0°	0°
17	Von Frucht wie Nr. 16, nur Fruchtfleisch, ohne Rinde .	11	5	0	6	5—10°	7°	0°	0°
18	Von Frucht wie Nr. 16, nur Rinde, zirka 1 mm dick abgeschält	12	11	0	1	10—20°	14°	0°	0°
19	Teile von ausgereifter Frucht, nur Fruchtfleisch .	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
20	Rinde von ausgereifter Frucht	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
21	20 Stück männliche Blüten	12	12	0	0	15—40°	24°	0°	0°
21x	Wie Nr. 21, Auszug mit reinem Alkohol (96%) . .	10	10	0	0	20—80°	37°	0°	0°

Auch hier Abfall bei der Keimung, geringe Ausbeute in den grünen Pflanzenteilen; in den Blattstielen war der Gehalt schwächer als in den Blättern; dagegen fanden sich starke Konzentrationen in den Pollen. Bestäubte weibliche Blüten mit Fruchtansätzen zeigten gegen unbefruchtete eine erhebliche Zunahme, die aber — im Gegensatz zu **Helianthus annuus** — die Höhe des Wuchsstoffgehaltes von Pollen nicht erreicht. Anscheinend wird dann für die Ausbildung der riesigen Frucht viel Wuchsstoff verbraucht; jedenfalls enthalten die unreifen und weichen Samen nur sehr wenig, während bei den Früchten auch in der noch grünen Rinde Wuchsstoff produziert werden kann (Assimilation).

3. **Cucumis sativus** L.

Die Verhältnisse bei Gurken wurden an „Grochlitzer Schlangen" studiert. 24 Pasten, darunter 4 Verdünnungen, brachten die in Tabelle III zusammengestellten Ergebnisse.

Tabelle III.

Cucumis sativus.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
01	Trockener Samen, fein vermahlen, 20 g auf 1 g Wollfett	11	5	0	6	7—15°	13°	0°	0°
1	Nr. 01 verdünnt; 1 g Paste + 1 g Wollfett	11	11	0	0	12—32°	19°	0°	0°
1a	Nr. 1 verdünnt	10	8	0	2	10—20°	14°	0°	0°
2	Kotyledonen von 4 Tage alten Pflanzen	11	0	9	2	0°	0°	2—12°	7°
2a	Wie Nr. 2 verdünnt	10	6	0	4	8—15°	11°	0°	0°
3	Stengel und Sproßspitzen von 6 Tage alten Pflanzen	14	0	10	4	0°	0°	2—8°	6°
4	Kotyledonen von 7 Tage alten Pflanzen	9	8	0	1	4—16°	6°	0°	0°
5	Reife männliche Blüten, Staubgefäße	11	11	0	0	20—90°	55°	0°	0°
5a	Wie Nr. 5 verdünnt	7	7	0	0	15—45°	32°	0°	0°
6	Geschlossene weibliche Blüten, unbefruchtet	11	0	0	11	0°	0°	0°	0°
7	Weibliche Blüten nach der Befruchtung, mit Fruchtansatz	11	9	0	2	10—40°	16°	0°	0°
8	Stiele von männl. Blüten	8	0	0	8	0°	0°	0°	0°
9	Sproßspitzen ohne Blütenansätze von 2 Monate alten Pflanzen	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
10	Blattstiele von zirka 2 Monate alten Pflanzen	8	5	0	3	4— 9°	4°	0°	0°
11	Blattspreiten von zirka 2 Monate alten Pflanzen	8	6	0	2	4—12°	9°	0°	0°
12	Spitzen von Sprossen von zirka 3 Monate alten Pflanzen, ohne Blütenansätze	7	0	0	7	0°	0°	0°	0°
13	Teile des Hauptsprosses ohne Spitze, ohne Wurzel, von zirka 3 Monate alten Pflanzen	10	6	0	4	10°	10°	0°	0°
14	Wurzeln von zirka 3 Monate alten Pflanzen	8	0	0	8	0°	0°	0°	0°
15	Zirka 6 cm lange Gurken, innere Teile	13	0	0	13	0°	0°	0°	0°
16	Wie 15, nur Rinde	10	9	0	1	10—22°	15°	0°	0°

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
17	Rinde von zirka 10 cm langen, parthenokarpen Früchten	11	11	0	0	5—19°	12°	0°	0°
18	Inneres von Früchten wie Nr. 17	12	12	0	0	5—14°	9°	0°	0°
19	Inneres von fast reifen, gelben Früchten, mit weichen Kernen	12	12	0	0	7—18°	14°	0°	0°
20	Rinde und Fruchtfleisch von Früchten wie Nr. 19 .	12	0	0	12	0°	0°	0°	0°

Auffällig ist das Fehlen des Wuchsstoffes in der unbefruchteten weiblichen Blüte, zumal man weiß, daß die Gurke parthenokarp ist, also zum Fruchtansatz einer Bestäubung nicht bedarf. Auch hier war, wie beim Kürbis, die Erscheinung zu beobachten, daß die noch weichen Samen — im Vergleich zu denen anderer Pflanzen – wenig Wuchsstoff aufwiesen. Vielleicht hängt damit die Tatsache zusammen, daß man zur Aussaat von Gurke und Kürbis solche Samen bevorzugt, die einige Jahre alt sind. Gurkensamen behält etwa 6—8 Jahre seine Keimkraft, Kürbissamen etwa 5—6 Jahre. Etwas Ähnliches berichtet auch G. M a i (1934), der zu Versuchen an Coleus die Pollinien tropischer Orchideen als Wuchsstoffquelle benutzte und dabei die Beobachtung machte, daß frische und weiche Pollinien schlecht und ungleichmäßig wirkten. Die besten Ergebnisse erzielte er mit hartem, luftgetrocknetem Material.

4. **Zea mays** L.

Ausgangsmaterial war der sog. badische Mais. 41 Pasten, darunter 9 Verdünnungen, wurden geprüft. Extraktionsmittel war unvergällter Alkohol. Für die Untersuchungen der jüngsten Stadien wurden die Körner in flachen Glasschalen auf feuchtem Fließpapier zum Keimen gebracht. Pflanzen bis zu 40 cm Höhe wurden im Gewächshaus gezogen. Für die Prüfung von größeren Exemplaren wurde im Botanischen Garten ein Beet mit Mais angebaut. Blühende Pflanzen und solche mit halbreifen Kolben wurden aus der Umgebung von Heidelberg besorgt.

Die Ergebnisse bei Mais, die aus Abbildung 8 und Tabelle IV ersichtlich sind, zeigen ebenfalls die starke Abnahme des Wuchsstoffes bei der Keimung. Bei der Prüfung an Koleoptilen ergaben sich positive Krümmungen. Die Konzentration war offenbar so stark, daß sie die A v e n a - Koleoptilen schädigte. Es wurde daher eine Reihe von Ver-

Tabelle IV.

Zea mays.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	Maiskörner, durch Kochen abgetötet	20	20	0	0	100—162°	133°	0°	0°
2	Maiskörner, drei Tage im Wasser gequollen, Wurzeln 2 mm lang	18	18	0	0	54—140°	97°	0°	0°
3	Nicht keimfähige Maiskörner	12	10	0	2	20—90°	48°	0°	0°
4	Koleoptilen	8	0	8	0	0°	0°	20–34°	28°
4g	Achtfache Verdünnung	12	12	0	0	26—53°	37°	0°	0°
5	3 cm hohe Pflanzen (ohne Wurzeln)	14	0	3	11	0°	0°	10°	10°
6	Reste des Samens von Nr. 5	17	17	0	0	50—92°	74°	0°	0°
7	Wurzeln, unter 1 cm lang	14	4	0	10	10—20°	15°	0°	0°
8	4 bis 6 cm hohe Pflanzen, zirka 4 Wochen alt	11	0	7	4	0°	0°	20°	20°
9	Wurzeln, 1—4 cm lang	19	1	1	17	20°	20°	10°	10°
10	10 cm hohe Pflanzen, zirka 5 Wochen alt	14	0	4	10	0°	0°	20°	20°
11	Samenreste von Nr. 10	14	13	0	1	30—35°	33°	0°	0°
12	30 cm hohe Pflanzen, zirka 6 Wochen alt	16	0	0	16	0°	0°	0°	0°
13	60 cm hohe Pflanzen, zirka 7—8 Wochen alt	19	17	0	2	24—34°	29°	0°	0°
14	Internodien von 1.60 m hohen Pflanzen	13	0	0	13	0°	0°	0°	0°
15	Knoten von zirka 1.60 m hohen Pflanzen	12	0	0	12	0°	0°	0°	0°
16	Innere Teile von jungen, unbefruchteten Kolben	29	5	0	24	5—10°	8°	0°	0°
17	Körner von jungen, unbefruchteten Kolben	31	1	4	26	10°	10°	10°	10°
18	Griffel	29	0	5	24	0°	0°	10°	10°
19	Blattscheiden von Kolben	19	1	2	16	10°	10°	10°	10°
20	Blattscheiden von männlichen Blüten	14	0	0	14	0°	0°	0°	0°
21	Stengel von Pflanzen, die männliche Blütenansätze tragen	16	2	0	14	10°	10°	0°	0°
22	Unreife männliche Blüten	21	19	2	0	49—86°	62°	10°	10°
23	Staubgefäße mit reifen Pollen	16	16	0	0	50—92°	74°	0°	0°

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
24	Befruchtete, noch milchige Körner	16	16	0	0	45—360°	166°	0°	0°
25	Innere Teile von reifen Kolben	12	12	0	0	10—18°	13°	0°	0°
25a	Wie Nr. 25, verdünnt . .	14	14	0	0	2—12°	7°	0°	0°
25b	Wie Nr. 25a, verdünnt . .	10	6	0	4	3— 7°	5°	0°	0°
26	„Mondamin“	15	2	0	13	30—45°	38°	0°	0°
	Handelsübliche Produkte der „Maizena G. m. b. H.“								
27	„Maiskeime“	18	10	0	8	13—27°	20°	0°	0°
28	„Maisöl“	13	10	0	3	10—40°	30°	0°	0°
29	„Ölkuchen“	14	14	0	0	75—80°	78°	0°	0°
30	„Reiner Maiskleber“ . . .	14	14	0	0	81—147°	114°	0°	0°
31	„Siebmehl“	14	14	0	0	147—200°	173°	0°	0°
32	„Klebermehl“	17	17	0	0	90—360°	187°	0°	0°

dünnungen hergestellt, bei denen die schädigende Wirkung zurückging, um schließlich ins Negative, d. h. Förderung des Wachstums, umzuschlagen. Bei achtfacher Verdünnung ergab sich das Maximum an Wirkung, nämlich 37° mittlere Ablenkung.

Das Wuchsstoffreservoir bei der jungen Pflanze ist offenbar das Korn selbst, denn, wie Versuch Nr. 6 zeigt, enthalten die Reste der Körner von Versuch Nr. 5 noch ziemlich große Wuchsstoffmengen (Krümmungswinkel im Durchschnitt —74°). Auch bei größeren Pflanzen — zirka 5 Wochen alt — ergaben Extrakte aus den Samenresten immer noch Krümmungswinkel von —53° (Versuch Nr. 11). Aus den Stengeln und Stengelknoten gelang es nicht, Wuchsstoff zu extrahieren. Eine plötzliche Zunahme des Wuchsstoffgehaltes ist in den Pflanzen selbst erst dann festzustellen, sobald die männlichen Blüten, noch ganz zwischen den Blättern verborgen, sich zu bilden beginnen (Versuch 13): die reifen Staubgefäße bringen Krümmungswinkel von 74° hervor. Im jungen Kolben dagegen ist kein Wuchsstoff nachzuweisen, weder in den Körnern noch in den Innenteilen noch in den Griffeln. Erst nach erfolgter Befruchtung schnellt die Kurve nach oben und zeigt für die milchigen Körner sogar einen höheren Gehalt als für das ausgereifte Korn, wobei allerdings berücksichtigt werden muß, daß durch die mit den reifen Körnern vor der Extraktion vorgenommene Prozedur der Wuchsstoffgehalt etwas heruntergedrückt worden sein kann. Die Tabelle IV und die Abbildung 8 zeigen die gewonnenen Ergebnisse.

Obwohl schon früher von Kögl festgestellt wurde, daß im Mais Wuchsstoff enthalten ist, war doch die gewonnene Menge so überraschend, daß es lohnend erschien, genauer zu untersuchen, wo im Maiskorn selbst der Wuchsstoff lokalisiert ist. Zu dem Zwecke habe ich die verschiedenen im Handel befindlichen Maisprodukte, die von der „Deutschen Maizena G. m. b. H." bereitwilligst zur Verfügung gestellt wurden, auf ihren Gehalt an Wuchsstoff geprüft. Angaben über die Maissorte, der die Proben entstammen, konnten dabei aus begreiflichen Gründen leider nicht gemacht werden. Die Ergebnisse sind am Schluß der Tabelle aufgeführt. Zur Erläuterung sei noch folgendes bemerkt: „Maiskeime" werden so gewonnen, daß die Körner zunächst eingeweicht und gemahlen werden, wonach alle anderen Bestandteile abgeschwemmt werden und nur die Keime übrigbleiben. Das Maisöl wird durch Auspressen aus den Maiskeimen gewonnen. Der Rückstand ergibt ohne weitere Beimengungen gepreßt den Ölkuchen. „Siebmehl" ist der auf den Seidensieben verbleibende Rückstand. Beim weiteren Ausmahlen erhält man den gelben „Maiskleber", der nochmals fein zermahlen das „Klebermehl" ergibt, das als am stärksten wuchsstoffhaltig ermittelt wurde. Aus „Klebermehl" wurden im chemischen Laboratorium unseres Institutes Pasten hergestellt und in verschiedenen Verdünnungen untersucht. Der Harnwuchsstoff übt nämlich auch auf die Kallusbildung und Zellteilung einen fördernden Einfluß aus, und Maispaste schien in dieser Richtung zunächst ohne Wirkung zu sein. Es ist aber inzwischen gelungen, auch in der Klebermehlpaste Zellteilungsstoffe nachzuweisen und zwar tritt die Auslösung von Kallusbildung bei mehrfacher Verdünnung ein. Beim Arbeiten mit Maispasten stellte sich leider heraus, daß manche Pasten, wenn sich die Versuche über längere Zeit erstreckten, zu Schimmelansatz neigten. Um dem vorzubeugen, wurde den Pasten in geringen Mengen Nipagin zugesetzt (20 mg auf 1 g). Nipagin, das in den Apotheken erhältlich ist, ist eine benzoesaure Verbindung und wird bei der Bereitung von Salben usw. zur Verhütung von Schimmelhäuten verwendet. Es wurde zunächst die Wirkung des Nipagins allein untersucht. Es löst sich in Wollfett beim Erwärmen leicht. Zehn mit dieser Kontrollpaste behandelte Koleoptilen zeigten keinerlei Krümmungen. Sodann beobachtete ich drei Wochen lang fünf Internodienstücke von Tradescantia, die mit Maispaste, der Nipagin zugesetzt war, bestrichen und im Warmhaus in einer feuchten Kammer gehalten wurden. Es waren nach dieser Zeit keine Spuren von Schimmel festzustellen.

Nach Abschluß dieser Untersuchungen erschien nun eine Arbeit von Cholodny (1935), die in manchen Dingen die obigen Ausführungen berührt. Cholodny, der mit Avena arbeitete, sieht das Endosperm als ein Bildungszentrum für den Wuchsstoff an. Scheibchen von

Endosperm, auf die Testpflanze aufgebracht, ergaben negative Krümmungen. Nach meinen Ergebnissen ist das eigentliche Wuchsstoffreservoir — für **Zea Mays** — nicht die weiße Endospermschicht, sondern die das Endosperm umgebende, meist gelb gefärbte hornartige Schicht. Versuch Nr. 32 zeigt dabei einen noch höheren Gehalt an Wuchsstoff als Nr. 30, woraus hervorgeht, daß es bei Extrakten darauf ankommt, daß das Material fein zerkleinert wird (Mais-Klebermehl ist weiter nichts als nochmals zermahlener Maiskleber). Es erscheint daher nicht weiter verwunderlich, wenn Cholodny mit Extrakten aus nicht zerschnittenen Körnern keine Krümmungen erzielte.

Ferner untersuchte Cholodny, ob die Zellen des Wuchsstoff abgebenden Kornes lebend sein müßten und kam übereinstimmend mit mir zu dem Ergebnis, daß das nicht der Fall ist. Wie Versuch Nr. 1 zeigt, ergaben auch Körner, die durch 5 Minuten langes Kochen im Wasser abgetötet waren, erhebliche Krümmungen. Auch Körner, die aus irgendeinem Grund nicht keimfähig waren — sie ließen trotz achttägigen Quellens im Wasser keinerlei Anzeichen einer Keimung erkennen — ergaben negative Krümmungen. Es ist also der Schluß erlaubt, daß der Wuchsstoff in dem Korn nicht erst bei der Keimung gebildet wird. Das zeigt auch die starke Zunahme nach der Befruchtung bei den meisten Versuchspflanzen. Ferner extrahierte ich den Wuchsstoff aus trockenen Maiskörnern; da diese aber immer noch zirka 13% Wasser enthalten, wurde das Material in mehreren Fällen auch noch einmal besonders getrocknet, zumal da es sich trocken besser zerkleinern ließ. Die Ausbeute war immer die gleiche.

Bei der Keimung nimmt der Wuchsstoffgehalt rasch ab, d. h. es wird viel davon verbraucht. Zu diesem Ergebnis kommt Cholodny übereinstimmend mit mir. Zur Erklärung dieser Tatsache nimmt er jedoch an, daß die Produktion am zweiten Tage eingestellt wird bzw. abnimmt. Die Wuchsstoffbildung ist nach ihm mit dem hydrolytischen Stärkeabbau verbunden. Mit der Annahme jedoch, daß der in dem Korn lagernde Wuchsstoff sukzessive verbraucht wird — wie auch die Versuche 6 und 11 zeigen, — und daß dann erst ein oder mehrere neue Bildungszentren entstehen, glaube ich den tatsächlichen Verhältnissen in der Pflanze näherzukommen.

Um die Unstimmigkeiten in den Ergebnissen von Cholodny und mir weiter zu klären, habe auch ich Versuche mit Hafer angestellt.

Die Haferkörner (meistens 20 g) wurden gemahlen und die Spelzen abgesiebt. Ein kleiner Teil ging dabei naturgemäß auch ins Mehl. Wenn nichts angegeben, wurde das Mehl vor der Extraktion nicht besonders getrocknet. Die Rückstände der Auszüge wurden mit Lanolin auf ein Gesamtgewicht von 2 g gebracht, falls von 20 g Mehl ausgegangen, auf ein Gesamtgewicht von 1 g, wenn von 10 g ausgegangen

worden war. Diese Paste wurde als Ausgangspaste bezeichnet. Außerdem wurden Verdünnungen hergestellt durch Vermischen von einem Teil Ausgangspaste mit einem bzw. drei Teilen Lanolin. Als Testobjekt dienten für jede Paste 12 Avenakeimlinge.

Versuch 1: 20 g Hafermehl mit 100 ccm Alkohol abs. 24 Std. extrahiert. Rückstand 0,60 g.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	—81°
1. Verdünnung	—49°
2. Verdünnung	—20°

Versuch 2: 20 g Hafermehl mit 100 ccm Wasser 24 Std. kalt extrahiert. Rückstand 1,52 g.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	— 8°
1. Verdünnung	—45°
2. Verdünnung	—26°

Versuch 3: 20 g Hafermehl mit 100 ccm eines Gemisches von 4 Tl. Alkohol + 1 Tl. Wasser 24 Std. kalt extrahiert. Rückstand 0,83 g.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	—171°
1. Verdünnung	— 73°
2. Verdünnung	— 37°

Versuch 4: 20 g Hafermehl 2 Std. mit Alkohol abs. heiß extrahiert, abgenutscht und Filterrückstand mit 100 ccm Alkohol abs. 24 Std. kalt extrahiert. Rückstand 0,32 g.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	—24°
1. Verdünnung	—12°
2. Verdünnung	[illegible]

Versuch 5: 20 g Hafermehl wie bei Versuch 4 vorbehandelt und dann mit 100 ccm Wasser nochmals 24 Std. kalt extrahiert. Rückstand 0,67 g.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	—13°
1. Verdünnung	—11°
2. Verdünnung	—11°

Versuch 6: 20 g Hafermehl wie bei Versuch 4 vorbehandelt und dann mit 100 ccm eines Gemisches von 4 Tln. Alkohol + 1 Tl. Wasser nochmals 24 Std. kalt extrahiert. Rückstand 0,27 g.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	−38°
1. Verdünnung	−13°
2. Verdünnung	−13°

Versuch 7: 20 g Hafermehl mit 20 ccm Wasser 8 Std. stehengelassen, alsdann 80 ccm Alkohol abs. hinzugefügt und damit 24 Std. kalt extrahiert.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	+16°
1. Verdünnung	−58°
2. Verdünnung	−31°

Versuch 8: 20 g Hafermehl mit einem Gemisch von 20 ccm Wasser + 80 ccm Alkohol abs. 24 Std. kalt extrahiert.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	−80°
1. Verdünnung	−57°
2. Verdünnung	−33°

Versuch 9: 10 g Hafermehl, welches 48 Std. bei 100° C vorgetrocknet ist, mit 50 ccm Alkohol abs. 24 Std. kalt extrahiert.

	Avenakrümmung nach 24 Std.
Ausgangspaste	−63°
1. Verdünnung	−24°
2. Verdünnung	−16

Der Ausfall dieser Versuche mit Hafer spricht durchaus gegen die von Cholodny vertretenen Auffassungen. Es ist zunächst nicht richtig, daß in trockenem Hafermehl kein Wuchsstoff vorhanden ist. Ich konnte ja, wie Versuch Nr. 1 zeigt, mit Alkohol abs. nicht unerhebliche Mengen Wuchsstoff ausziehen, was durchaus mit meinen Beobachtungen an Mais übereinstimmt. Wenn Cholodny seine Körner etwas zerkleinert hätte, würde er die gleichen Ergebnisse erhalten haben. Selbst aus Mehl, das 48 Stunden bei 100° C vorgetrocknet wurde (Versuch 9), läßt sich Wuchsstoff ausziehen. Im gleichen Sinne sprechen die Ergebnisse der Versuche 4 - 6, bei denen das Mehl zwei Stunden mit Alkohol

abs. heiß extrahiert und dann ein Teil mit Alkohol abs., ein Teil mit Wasser, ein Teil mit verdünntem Alkohol (80 %) je 24 Stunden kalt extrahiert wurde. Die Alkoholextrakte enthalten etwas mehr Wuchsstoff als die wässerigen, aber alle ziemlich wenig, ein Zeichen, daß durch heißen Alkohol abs. die Hauptmenge schon entfernt war. Auch wenn man Hafermehl mit Wasser aufschlemmt, 8 Stunden stehen läßt und dann durch Zufügen von Alkohol abs. extrahiert, erhält man keine größere Ausbeute an Wuchsstoff als beim Extrahieren des trockenen

Tabelle V.

Tropaeolum majus.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	Trockener Samen, fein vermahlen	12	12	0	0	6—26°	14°	0°	0°
1a	Wie Nr. 1, verdünnt . . .	7	7	0	0	5—10°	6°	0°	0°
2	Kotyledonen mit Samenschalen von 10 Tage alten Pflanzen	10	0	8	2	0°	0°	12—35°	23°
2a	Wie Nr. 2, verdünnt . . .	8	0	8	0	0°	0°	10—26°	19°
3	10 Tage alte Pflanzen, 5 bis 8 cm hoch; ohne Wurzeln	12	0	12	0	0°	0°	7—13°	8°
4	Kotyledonen mit Samenschalen von 18 Tage alten Pflanzen	10	0	10	0	0°	0°	10—22°	18°
4a	Wie Nr. 4, verdünnt . . .	12	0	12	0	0°	0°	20°	20°
4b	Wie Nr. 4a, verdünnt . .	14	0	13	1	0°	0°	8—15°	11°
4c	Wie Nr. 4b, verdünnt . .	6	0	6	0	0°	0°	20—25°	21°
4d	Wie Nr. 4c, verdünnt . .	7	0	4	3	0°	0°	11—16°	15°
5	18 Tage alte Pflanzen, zirka 12 cm hoch, ohne Wurzeln	10	0	10	0	0°	0°	14°	14°
5a	Wie Nr. 5, verdünnt . . .	6	0	5	1	0°	0°	5°	5°
5b	Wie Nr. 5a, verdünnt . .	6	0	3	3	0°	0°	3°	3°
6	Blüten, nach der Befruchtung	14	14	0	0	24—75°	47°	0°	0°
7	Junge, grüne Früchte . .	11	11	0	0	15—30°	27°	0°	0°
7a	Wie Nr. 7, verdünnt . .	7	0	0	7	0°	0°	0°	0°
8	Reife Früchte, trocken . .	7	7	0	0	5—26°	15°	0°	0°
9	Wurzeln von zirka 4 Wochen alten Pflanzen . . .	8	0	0	8	0°	0°	0°	0°

Mehles. Nach Zufügen von Wasser zum Mehl ist also keineswegs mehr Wuchsstoff gebildet worden. Es dürfte also der Schluß erlaubt sein, daß die Hypothese Cholodnys, nach der der Wuchsstoff bei der Hydrolyse der Kohlehydrate gebildet wird, keinen Anspruch auf Berechtigung erheben kann.

5. **Tropaeolum majus** L.

Die Tabelle V zeigt die aus den Werten für 18 Pasten, darunter 9 Verdünnungen, gewonnenen Ergebnisse für **Tropaeolum.** Der trockene, vorjährige Samen läßt auf einen, wenn auch mäßigen Wuchsstoffgehalt schließen; die erste Verdünnung ergab den halben Krümmungswinkel. Die 10 Tage alten Keimlinge brachten positive Krümmung; noch höhere positive Werte ergaben sich für die — hypogäischen — Keimblätter dieser 10 Tage alten Pflanzen. Auch bei 18 Tage alten Exemplaren zeigte sich das gleiche Bild. Der erste Gedanke war nun, die evtl. zu stark konzentrierte Paste zu verdünnen; aber selbst bei vierfacher Verdünnung blieb die hemmende Wirkung bestehen. Die Blüten ergaben plötzlich wieder eine ziemliche Menge an wirksamer Substanz, nämlich 47° Ablenkung. Die jungen Früchte zeigten ebenfalls das Vorhandensein von Wuchsstoff und zwar — genau wie bei **Zeamays** und **Helianthus** — in größerer Menge als der Ausgangssamen. Für die erwähnten positiven Krümmungen, die bei den Extrakten aus grünen Pflanzenteilen auftraten, muß man annehmen, daß in ihnen irgendwelche Stoffe, die auf die Avena-Koleoptile hemmend einwirken, stärker sind als der Wuchsstoff. Die Beobachtung, daß Extrakte von manchen Pflanzen den Wuchsstoff unwirksam machen, notierte ja, wie ich eingangs erwähnte, auch Thimann. Dieser versetzte eine konzentrierte Wuchsstofflösung mit einem wässerigen Extrakt aus 5 g Blättern von **Vicia faba.** Die Wuchsstofflösung, die zur Kontrolle mit 1 g Wasser vermengt war, ergab Krümmungen von —40°; diese Wirkung wurde durch den Blattextrakt auf 8,8° reduziert.

Ähnliche Versuche stellte ich mit **Tropaeolum** an. 1 g einer wirksamen Maispaste wurden mit 1 g eines auf verschiedene Weise hergestellten Extraktes aus **Tropaeolum** vermischt. Zur Kontrolle wurde bei einem Parallelversuch die gleiche Menge Wasser zugesetzt. Es zeigte sich, daß die Wirkung der Maispaste durch Zugabe eines **Tropaeolum**-Extraktes um einen erheblichen Betrag vermindert wurde; (s. Tab. S. 27!).

Die nun folgenden perennierenden Pflanzen zeigen ähnliche Ergebnisse wie die bisher aufgeführten annuellen, nur die untersuchten Blüten lassen z. T. auf andere Verhältnisse schließen.

Nr. des Vers.	Herstellung der Paste	Anzahl der Avena-Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	1 g Maispaste mit 1 g Wasser	11	11	0	0	18—37°	28°	0°	0°
2	1 g Maispaste mit 1 g wässerigem Extrakt aus 4 Wochen alten **Tropaeolum**-Pflanzen	14	14	0	0	13—38°	20°	0°	0°
3	1 g Maispaste mit 1 g Alkoholextrakt aus 4 Wochen alten **Tropaeolum**-Pflanzen	12	12	0	0	5—20°	11°	0°	0°

6. **Sambucus nigra** L. und **Fagus silvatica** L.

Die gerade ausgetriebenen Blatt- und Blütenknospen von **Sambucus** zeigten geringe positive Wirkungen, etwa 10 cm lange Triebe ergaben keine Ablenkung. Noch ganz geschlossene Knospen wurden bei **Sambucus** nicht untersucht, wohl aber bei **Fagus silvatica.** Hier wurden im März zirka 100 g frische Knospen zerkleinert und mit 500 ccm Alkohol (96%) 24 Stunden kalt extrahiert. Der nach Abdampfen des Alkohols verbleibende Rückstand wurde mit 33 ccm Wasser aufgenommen und mit 33 g Wollfett vermengt. Diese Paste ergab Ablenkungen von durchschnittlich —18°. 40 g des gleichen Materials, 24 Stunden mit Äther kalt extrahiert, ergaben bei zehnfacher Verdünnung mit Lanolin Ablenkungen von —33°. Bei den noch geschlossenen Blütenständen von **Sambucus nigra** krümmten sich von 12 Testpflanzen 8 negativ um den geringen Betrag von 5°. Als die Blüten gerade abgefallen waren, ergaben die ganz jungen Früchte eindeutig 14° negative Krümmung. Nicht stärker wirkten ältere, aber auch noch unreife Beeren. Bei den reifen Früchten untersuchte ich getrennt den Fruchtsaft und die fein vermahlenen Samen. Wohl wegen des starken Säuregehaltes brachte ersterer Hemmung des **Avena**-Keimlings. Der Samen, im Trockenschrank bei 75° C getrocknet, gab kaum eine Ablenkung, dagegen an der Luft getrocknet und sorgfältig von den anhaftenden Resten der Beeren gereinigt, negative Krümmungen bis zu 45°.

Tabelle VI.

Sambucus nigra.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	Blütenknospen, gerade ausgetrieben	12	0	7	5	0°	0°	3—7°	5°
2	Blattknospen, gerade ausgetrieben	12	0	3	9	0°	0°	5°	5°
3	Junge Triebe, zirka 10 cm lang	6	0	0	6	0°	0°	0°	0°
4	Blütenstände, noch geschlossen	12	0	8	4	0°	0°	5°	5°
5	Ganz junge Beeren; Blüten gerade abgefallen; Samen z. T. zerkleinert . .	12	12	0	0	4—17°	14°	0°	0°
5x	Wie Nr. 5, Auszug mit reinem Alkohol (96%) . . .	6	6	0	0	7—33°	22°	0°	0°
6	Junge Beeren, noch grün, Samen z. T. zerkleinert . .	16	14	0	2	13—20°	17°	0°	0°
7	Reife Beeren, ausgepreßt, Samen bei 75° C getrocknet, vermahlen	10	3	0	7	5°	5°	0°	0°
8	10 ccm Fruchtsaft eingedampft, mit 1 g Wollfett vermengt	12	0	9	3	0°	0°	5°	5°
9	Nur Samen, luftgetrocknet, vermahlen	10	10	0	0	10—45°	30°	0°	0°

7. **Aesculus hippocastanum** L.

Bei der Roßkastanie wurden nur die Fortpflanzungsorgane in die Untersuchungen einbezogen und ihr Wuchsstoffgehalt in 11 Versuchen festgestellt. Die Ergebnisse zeigt die Tabelle VII.

In den Blüten und — abweichend gegen andere Pflanzen — in den Pollen findet sich wenig Wuchsstoff. Auch hier muß eine die Wirkung des Wuchsstoffes überdeckende Substanz angenommen werden.

Eine plötzliche Zunahme des Wuchsstoffes nach erfolgter Befruchtung war nicht festzustellen, wohl aber ergaben die reifenden und reifen Samen einen ziemlich hohen Ertrag. Überraschend ist erstens bei der unreifen Frucht der Gehalt an Wuchsstoff in der äußeren Schale, zweitens die erhebliche Menge in der noch weißen Samenschale; bei fortschreitender Reifung ist dann — besonders in den Fruchtschalen — eine

Tabelle VII.

Aesculus hippocastanum.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	Geschlossene Blüten . . .	12	9	0	3	2— 3°	2°	0°	0°
2	Reife und unreife Antheren	11	0	6	5	0°	0°	4°	0°
3	Zirka 3 mm dicke Früchte	12	12	0	0	5—13°	9°	0°	0°
4	3—5 mm dicke Früchte . .	11	8	0	3	7—18°	11°	0°	0°
5	Grüne Fruchtschalen von unreifen Früchten	12	12	0	0	31—60°	41°	0°	0°
6	Noch weiße Schalen von unreifen Samen	12	12	0	0	45—125°	84°	0°	0°
7	Kotyledonen (einschließlich Radiculæ) von unreifen Samen	10	10	0	0	17—78°	44°	0°	0°
8	Grüne, aufgeplatzte Fruchtschalen von reifen Früchten	12	10	0	2	7—13°	9°	0°	0°
9	Braune Schalen von reifen Samen	11	11	0	0	55—91°	71°	0°	0°
10	Kotyledonen (einschließlich Radiculæ) von reifem Samen	12	12	0	0	66—115°	82°	0°	0°
11	Kotyledonen wie Nr. 10, ohne Radiculæ	13	13	0	0	34—93°	61°	0°	0°

deutliche Abnahme zu bemerken, während der Gehalt in den Kotyledonen fast auf das Doppelte erhöht ist. Der Wuchsstoff in der Radicula wurde nicht gesondert ermittelt: Kotyledonen ohne Radicula ergaben einen um 20° geringeren Krümmungswinkel als solche mit Radicula.

8. **Picea excelsa** Link.

Hier wurden nur fünf Pasten untersucht. Ganz erhebliche Wuchsstoffmengen gelang es aus sehr jungen, bis 1 cm langen Trieben von **Picea excelsa** (aus dem Frankfurter Stadtwalde) zu extrahieren. Die Ablenkung betrug im Mittel 160°. Sobald die Triebe größer waren, ging die Wirkung auf 5° zurück. Ein Extrakt aus Samen von sauerländischen Fichten (Ernte 1933/34) von der Firma Geigle, Nagold in Württemberg, ergab negative Krümmungen von 6°. In zwei Monate alten Keimlingen — aus dem genannten Samen im Gewächshaus gezogen — fand sich wirksame Substanz mit —16° Ablenkung. Der

Tabelle VIII.

Picea excelsa.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	10 g Samen, fein vermahlen	12	9	0	3	2—13°	6°	0°	0°
2	Keimlinge, zirka 2 Monate alt	7	7	0	0	11—19°	16°	0°	0°
3	Keimlinge, zirka 15 Monate alt	12	0	8	4	0°	0°	12–20°	15°
4	Junge, unter 1 cm lange Triebe	14	14	0	0	90—240°	160°	0°	0°
5	Triebe, zirka 4 cm lang	8	5	0	3	3—6°	4°	0°	0°

Wuchsstoff nahm dann langsam ab, und Paste, die aus 15 Monate alten Keimlingen hergestellt war, zeigte nur noch geringe neg. Ablenkungen.

9. **Polygonum sachalinense** F. Schmidt, und andere Pflanzen mit unterirdischen Speicherorganen.

Um die Verhältnisse bei Pflanzen zu studieren, deren Rhizome im Boden überwintern, machte ich im Dezember 1934 aus dem Wurzelstock von **Rheum rhaponticum** L. zwei Pasten, aus der Rinde und aus den inneren holzigen Teilen, die beide ohne Wirkung waren. Da mir zufällig die gleiche Pflanze nicht zur Verfügung stand, wählte ich für weitere Versuche eine andere Polygonacee, **Polygonum sachalinense**, und konnte im April aus der Rinde eines Wurzelstockes, an dem sich mehrere Knospen und bis 2 cm lange Triebe befanden, ziemlich viel Wuchsstoff extrahieren, nichts dagegen aus den inneren holzigen Teilen. Diese wurden zerkleinert, indem mit der Bohrmaschine Löcher hineingebohrt wurden; die Bohrspäne wurden dann verkocht. Die Anzahl der Pasten war hier — einschließlich der **Rheum**-Pasten — 14. Triebe von 10—15 cm Länge, die schon etwas aus dem Boden herausstanden, ergaben noch 10° negative Krümmungen. Entsprechende Teile des gleichen Wurzelstockes acht Tage nach dem Versuch Nr. 3 ergaben ebenfalls noch neg. Ablenkungen, allerdings erheblich geringere. Blütenknospen zeigten vermutlich wegen des Pollens 16° Ablenkung (negativ). Paste aus reifen Blüten, bei denen der genaue Termin der Befruchtung leider nicht zu erkennen ist, brachten einen Wuchsstoffgehalt, der ungefähr dem vorigen gleich ist. Im September, als die Blüten abgefallen waren, ergab eine Untersuchung des Rhizoms in der Rinde wieder einen mäßigen Wuchsstoffgehalt, aber nichts im Innern des Rhizoms.

Tabelle IX:

Polygonum sachalinense.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	Anzahl der Keimlinge	Krümmung			Krümmungswinkel			
			neg.	pos.	ohne	neg.	Mittelwert	pos.	Mittelwert
1	**Rheum rhaponticum**, im Dezember ausgegraben, Rinde	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
2	Wie Nr. 1, innere Teile .	10	0	0	10	0°	0°	0°	0°
3	Junge Triebe von **Polygonum**, 4—6 cm lang . . .	9	9	0	0	18—23°	20°	0°	0°
4	Wie Nr. 3, zirka 9 cm lang	9	9	0	0	10—12°	11°	0°	0°
5	Rinde (1 mm dick) von Wurzelstock mit zirka 2 cm langen Trieben (ohne Triebe)	8	8	0	0	20—90°	50°	0°	0°
6	Innere holzige Teile von Wurzelstock wie Nr. 5 . .	11	0	0	11	0°	0°	0°	0°
7	Junge Triebe, 10—15 cm lang	12	10	0	0	5—12°	10°	0°	0°
8	Rinde, wie Nr. 5 vom gleichen Wurzelstock, 8 Tage später	12	12	0	0	7—11°	9°	0°	0°
9	Blütenknospen	9	3	0	6	5—22°	16°	0°	0°
9a	Wie Nr. 9, verdünnt . . .	12	11	0	1	5—16°	8°	0°	0°
10	Reife Blüten, z. T. befruchtet	10	4	0	6	10—15°	14°	0°	0°
10a	Wie Nr. 10, verdünnt . .	11	5	0	6	3— 6°	5°	0°	0°
11	Rinde von Wurzelstock, im Sept. ausgegraben, Blüten abgefallen	12	12	0	0	10—25°	16°	0°	0°
12	Wie Nr. 11, innere Teile .	12	0	0	12	0°	0°	0°	0°

In diesem Zusammenhange wurden noch einige andere Pflanzen untersucht, die in unterirdischen Organen Nährstoffe speichern, Wurzelknollen von **Dahlia variabilis** Dsf., **Daucus carota** L. und **Raphanus sativus** L. Die beobachteten Ablenkungen waren aber sehr schwach und derartig uneinheitlich — z. T. negativ, z. T. positiv, — daß auf ihre gesonderte Aufzählung verzichtet werden kann; sie erlauben keine Schlüsse auf den Wuchsstoffgehalt. Es ist anzunehmen, daß der Wuchsstoff hier entweder in einer unlöslichen Form vorliegt, oder — zumal angesichts der positiven Krümmungen — durch unbekannte Hemmungsstoffe seine Wirkung verdeckt wird. Ähnliches war ja schon bei den Versuchen mit **Tropaeolum** beobachtet worden. Es wurde daher bei der nächsten Pflanze

10. **Solanum lycopersicum** L.

in mehreren Extrakten versucht, durch geeignete Reinigungsmethoden diese Hemmungsstoffe von dem Wuchsstoff zu trennen. So wurde in den Versuchen Nr. 2, 3, 4, 5, 7 und 8 (Tabelle X) der heiße Alkoholextrakt, der in der üblichen Weise hergestellt war, über aktive Kohle filtriert. Dabei wurden offenbar die schädigenden Bestandteile in der Kohle festgehalten. Am deutlichsten wird das in Versuch Nr. 5, bei dem sich ohne Kohle positive Krümmungen, mit Kohle dagegen negative über 100° ergaben.

Im übrigen gleichen die Ergebnisse bei der Tomate denen der vorher genannten Pflanzen. In den jungen Keimpflanzen (Versuch 2 und 3) ist weniger Wuchsstoff festzustellen als im Samen (Nr. 1), wobei auf die Verdünnung zu achten ist. Bei den unreifen, grünen Früchten, die genauer untersucht wurden, konnte — ähnlich wie bei denen der Roßkastanie — aus den Schalen Wuchsstoff extrahiert werden, ebenso aus dem Saft solcher Früchte. Bei den reifen, roten Früchten dagegen ist nur noch im Samen aktive Substanz festzustellen, und zwar mehr als im Samen von grünen Früchten. Das gleiche war ja auch bei **Helianthus** zu beobachten, wo die Schalen von unreifen Früchten negative Krümmungen ergaben (vgl. Tabelle I, Nr. 29).

In der folgenden Tabelle X sind die Ergebnisse von 44 Pasten einschließlich Verdünnungen zusammengestellt. Die Anzahl der Testpflanzen war bei jedem der aufgeführten Versuche 12.

Tabelle X.

Solanum lycopersicum.

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	ohne Kohle filtriert			mit Kohle filtriert		
		Mittlerer Krümmungswinkel		ohne Ablenk. Stück	Mittlerer Krümmungswinkel		ohne Ablenk. Stück
		neg.	pos.		neg.	pos.	
1c	Trockener, vorjähriger Samen	13°	0°	0			
1d	Verdünnung von 1c . . .	9°	0°	0			
1e	„ von 1d . . .	4°	0°	0			
2	Keimpflanzen, zirka 5 cm hoch				30°	0°	0
2a	Verdünnung von 2 . . .				24°	0°	0
2b	„ von 2a . . .				9°	0°	0
3	Keimpflanzen, zirka 12 cm hoch				8°	0°	0
3a	Verdünnung von 3 . . .				9°	0°	0
3b	„ von 3a . . .				5°	0°	0

Nr. des Vers.	Ausgangsmaterial der Paste	ohne Kohle filtriert			mit Kohle filtriert		
		Mittlerer Krümmungswinkel		ohne Ablenk. Stück	Mittlerer Krümmungswinkel		ohne Ablenk. Stück
		neg.	pos.		neg.	pos.	
	Grüne Früchte						
4	Schalen	0°	8°	0	10°	0°	0
4a	Verdünnung von 4 . . .	0°	5°	6	7°	0°	0
4b	„ von 4a . . .	0°	4°	8	3°	0°	0
4c	„ von 4b . . .	0°	0°	12	0°	0°	12
4d	„ von 4c . . .	0°	0°	12	0°	0°	12
4e	„ von 4d . . .	6°	0°	0	—	—	—
5	Saft	0°	8°	4	0°	12°	0
5a	Verdünnung von 5 . . .	0°	6°	2	112°	0°	0
5b	„ von 5a . . .	0°	5°	3	107°	0°	0
5c	„ von 5b . . .	0°	5°	6	82°	0°	0
5d	„ von 5c . . .	0°	0°	12	56°	0°	0
6	Samen	10°	0°	0			
6a	Verdünnung von 6a . . .	10°	0°	0			
6b	„ von 6b . . .	8°	0°	0			
6c	„ von 6c . . .	7°	0°	0			
6d	„ von 6d . . .	41°	0°	0			
6e	„ von 6e . . .	13°	0°	0			
	Rote Früchte						
7	Schalen, bis Verdünnung 7f	0°	0°	12	0°	0°	12
8	Saft, bis Verdünnung 8d .	0°	0°	12	0°	0°	12
9	Samen	15°	0°	0			
9a	Verdünnung von 9a . . .	10°	0°	0			
9b	„ von 9b . . .	16°	0°	0			
9c	„ von 9c . . .	65°	0°	0			
9d	„ von 9d . . .	52°	0°	0			
9e	„ von 9e . . .	23°	0°	0			

Besprechung der Ergebnisse.

Wenn man die Ergebnisse der hier mitgeteilten Versuche überblickt, so stellt man zunächst fest, daß in allen untersuchten Samen mittels der angewandten Methodik Wuchsstoff, der die Haferkoleoptile zum Krümmen bringt, nachweisbar ist. Und zwar ist er hier in erheblicher Menge

vorhanden. Er entsteht nicht, wie Cholodny für Avenakörner festgestellt zu haben meint, erst im Samen, wenn dieser Wasser aufnimmt, und verschwindet nicht, wenn der Same trocknet, um beim Befeuchten sofort wieder aufzutreten, sondern der Wuchsstoff tritt in den Samen schon während ihrer Entwicklung auf, und zwar ist bald nach der Befruchtung des Eies ein Ansteigen des Wuchsstoffgehaltes zu beobachten. Daraus darf man schließen, daß der Wuchsstoff als ein Reservestoff im Samen abgelagert wird, um bei der Keimung verwendet werden zu können. Anfangs zeigt denn auch die Keimpflanze noch ziemlich reichlich Wuchsstoff. Später aber nimmt der Gehalt während der vegetativen Entwicklung in ziemlich allen Organen mehr und mehr ab. Wie Kögl festgestellt hat, liegt im Samen der Wuchsstoff nicht immer in der aktiven Form, sondern mitunter auch in einer inaktiven Esterform vor und kann deshalb erst nach Verseifen mit Salzsäure oder Lipasen nachgewiesen werden. Von fetthaltigen Samen wurden von mir Mais und Sonnenblume untersucht. Beide enthalten den Wuchsstoff in der aktiven Form, wie denn auch Kögl (1933) im Maiskeimöl schon freien Wuchsstoff feststellen konnte.

Was den Wuchsstoffgehalt der Früchte betrifft, so ist er in unreifen Fruchtschalen ziemlich hoch (Sonnenblume, Roßkastanie, Tomate), bei manchen mehr in der äußeren Fruchtschale (Cucurbitaceen), bei anderen mehr im Fruchtfleisch und Fruchtsaft (Tomate). Es zeigt sich deutlich, daß der Wuchsstoff mehr und mehr aus den Fruchtteilen verschwindet, während der Gehalt im Samen stärker wird. Besonders auffallend ist der Unterschied zwischen den Fruchtschalen reifer und unreifer Tomaten, in welch letzteren überhaupt kein Wuchsstoff mehr gefunden wurde. Man gewinnt aus all dem den Eindruck, daß die Entstehung des Wuchsstoffes bei grünen Pflanzen irgendwie mit dem C-Stoffwechsel in Verbindung steht. Dafür spricht ja auch der Befund Avery's jr. (1933), daß in Tabakblättern nur Wuchsstoff gefunden wird, wenn sie belichtet werden, daß dagegen bei Verdunkelung die Wuchsstoffproduktion vollständig unterbunden ist. Auf die Beziehungen zum C-Stoffwechsel weist auch die weitere Beobachtung hin, daß in den Organen, in denen Reservestoffe abgelagert werden, sich auch Wuchsstoff ansammelt. So enthalten die Pollen der meisten hier untersuchten Pflanzen nicht unbeträchtliche Mengen Wuchsstoff. In den Pollinien der Orchideen (vgl. Fitting, 1909, 1910) ist solcher ja schon vor den grundlegenden Untersuchungen Boysen Jensens an der Haferkoleoptile nachgewiesen worden, wenn auch Fitting damals noch nicht erkannte, daß es sich um den Wuchsstoff handelte, der das gesamte Wachstum der Pflanze steuert. Interessant ist, daß auch bei Moosen und Farnen, wie aus den Untersuchungen von Frl. Heinz und Frl. Abel aus dem hiesigen Institute hervorgeht (unveröffentlicht), in den Sporen sich mehr Wuchsstoff befindet als in den anderen Teilen der Pflanze. Bei anderen, heterotrophen Pflanzen (Pilzen usw.) haben wir es wohl mit anderen

Wuchsstoffen zu tun; aber auch sie werden, wie sich aus den bisherigen Untersuchungen ergibt (vgl. z. B. Thimann und Dolk, 1933), in den Sporen bzw. Sporangien in verstärktem Maße angehäuft.

Es macht also unbedingt den Eindruck, daß der Wuchsstoff genau wie die Reserve-Nährstoffe in allen solchen Organen gespeichert werden, die plötzlich bei der Keimung oder Sprossung in eine Phase intensiven Wachstums eintreten müssen, ohne selbst in der Lage zu sein, die nötigen Nährstoffe und Wuchsstoffe schnell zu produzieren.

Wenn man dagegen in den mehr oder weniger rasch wachsenden Pflanzenorganen relativ wenig Wuchsstoff vorfindet, so deutet das darauf hin, daß hier der Verbrauch der Produktion die Waage hält, die Wuchsstoffbilanz also ausgeglichen ist. Man kann ja bei der Keimung der hier untersuchten Samen genau beobachten, wie mit dem Verbrauch des in den Samen deponierten Wuchsstoffes der Wuchsstoffgehalt bald nachläßt und schließlich ein Nachweis von Wuchsstoff kaum oder überhaupt nicht mehr möglich ist; das gleiche gilt auch für austreibende Rhizome. Es ist auch durchaus verständlich, daß in den wachsenden und sich differenzierenden Organen keine größeren Mengen aktiven Wuchsstoffes vorhanden sind; denn offenbar wird ja durch eine äußerst fein regulierte Verteilung des Wuchsstoffes in den sich entwickelnden Organen dessen endgültige Gestalt bestimmt. (Vgl. hierzu F. Laibach und G. Mai: „Über die künstliche Erzeugung von Bildungsabweichungen." Roux' Archiv f. Entwicklungsmechanik, 1936. Im Druck.)

Zusammenfassung.

1. Die Pastenmethode erweist sich als brauchbar, um mit ausreichender Genauigkeit Wuchsstoff, der die Zellstreckung fördert, in den einzelnen Pflanzenorganen quantitativ festzustellen.
2. Es werden 10 Pflanzen in ihren einzelnen Organen und zu verschiedenen Entwicklungsstufen auf ihren Wuchsstoffgehalt untersucht.
3. Der Wuchsstoff ist im Samen als Reserve-Wuchsstoff enthalten und zwar bei Pflanzen mit Endosperm in diesem, bei anderen in den Kotyledonen. — Als sehr ergiebige Wuchsstoffquelle wurde das „Maiskleber mehl" ermittelt.
4. Bei der Keimung des Samens bzw. beim Austreiben der Sprosse nimmt der Gehalt an Wuchsstoff ziemlich stark ab.
5. Auffallend ist der hohe Wuchsstoffgehalt in den Pollen einiger untersuchter Pflanzen.
6. In den weiblichen Blütenorganen läßt sich (nach der angewandten Methode) vor der Befruchtung kein Wuchsstoff nachweisen. Nach erfolgter Befruchtung steigt der Gehalt stark an.

7. In den Wurzeln wurde, abgesehen von den geringen Mengen bei **Zea mays,** mit unserer Methodik kein Wuchsstoff gefunden, wohl aber in dem Rhizom einer perennierenden Pflanze, und zwar zur Zeit des Austreibens im Frühjahr und im Herbst.
8. In manchen Extrakten treten Stoffe auf, die die Wirkung des Wuchsstoffes auf die Testpflanze beeinträchtigen. In der aktiven Kohle — „Carboraffin C" — wird ein Mittel angegeben, das in manchen Fällen geeignet ist, diese hemmenden Stoffe zu binden, wenn man den Extrakt damit vermengt und dann filtriert.
9. Sehr stark wachsende Organe haben keinen höheren Gehalt an Wuchsstoff als langsam wachsende.

Die vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 1934/35 im Botanischen Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt a. M. ausgeführt. Die Anregung dazu gab mir mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Dr. L a i b a c h, dem ich dafür und für sein sehr großes Interesse am Fortgang der Arbeit meinen herzlichsten Dank ausspreche. Ein Teil der Untersuchungen wurde im Mai 1935 zusammen mit Herrn Professor Dr. L a i b a c h in der Zeitschrift „Senckenbergiana" (Bd. 17) veröffentlicht; ferner berichtete dieser über die wichtigsten Ergebnisse auf der im September 1934 in Frankfurt a. M. abgehaltenen „Wissenschaftlichen Woche".

Literaturverzeichnis.

Avery jr., G. S.: Differential distribution of a phytohormone in the developing leaf of Nicotiana, and its relation to polarized growth. Bulletin of the Torrey Club. **62**, 313 (1935).

Boysen Jensen, P.: Über Wachstumsregulatoren bei Bakterien. Bioch. Ztschr., **236** (1933).

— Über den Nachweis von Wuchsstoff in Wurzeln. Planta (Berlin), **19**, 345 (1933).

Brecht, F.: Der Einfluß von Wuchsstoff- und Säurepasten auf das Wachstum von Avena- und Helianthus-Keimlingen und seine Abhängigkeit vom Sauerstoff der Luft. Jahrb. f. wiss. Bot. **82** (1936).

Cholodny, N.: Über das Keimungshormon von Gramineen. Planta (Berlin), **23**, 289 (1933).

Czaja, A. Th.: Der Nachweis des Wuchsstoffes in Holzpflanzen. Ber. Deutsch. bot. Ges., **52**, 267 (1934).

Dolk, H. E. und Thimann, K. V.: Studies on the growth hormone of plants I. Proc. Nat. acad. Scienses **18** (1932).

Fitting, H.: Die Beeinflussung der Orchideenblüte durch die Bestäubung und durch andere Umstände. Ztschr. f. Bot. **1**, 1 (1909).

— Weitere entwicklungsphysiologische Untersuchungen an Orchideenblüten. Ztschr. f. Bot. **2**, 225 (1910).

Fliry, M.: Zur Wirkung der Endknospe auf die Hypokotylstreckung des Dikotylenkeimlings. Jahrb. f. wiss. Bot., **77**, 150 (1933).

Kögl, F., Haagen-Smith, A. J. und Erxleben, Hanni: Studien über das Vorkommen von Auxin im menschlichen und tierischen Organismus. Ztschr. physiol. Chemie, **220**, 137 (1933).

Laan, P. A. van der: Der Einfluß von Äthylen auf die Wuchsstoffbildung bei Avena und Vicia. Rec. trav., bot. néerl., **31**, 691 (1934).

Laibach, F.: Pollenhormon und Wuchsstoffe. Ber. Deutsch. bot. Ges., **50**, 383 (1932).

— Versuche mit Wuchsstoffpaste. Ber. Deutsch. bot. Ges., **51**, 386 (1933).

Laibach, F.: Zum Wuchsstoffproblem.
Der Züchter. **6**, 49 (1934).

— und Kornmann, P.: Zur Frage des Wuchsstofftransportes in der Haferkoleoptile.
Planta (Berlin), **21**, 396 (1933).

— und Maschmann, E.: Über den Wuchsstoff der Orchideenpollinien.
Jahrb. f. wiss. Bot., **58**, 399 (1933).

— und Meyer, F.: Über die Schwankungen des Auxingehaltes bei Zea mays und Helianthus annuus im Verlauf der Ontogenese.
Senckenbergiana, **17**, 73 (1935).

Mai, G.: Korrelationsuntersuchungen an entspreiteten Blattstielen mittels lebender Orchideenpollinien als Wuchsstoffquelle.
Jahrb. f. wiss. Bot., **79**, 681 (1934).

Maschmann, E. und Laibach, F.: Das Vorkommen von Wuchsstoff in tierischem und pflanzlichem Material.
Naturwissenschaften, **21**, 517 (1933).

Nielsen, N.: Untersuchungen über einen neuen wachstumsregulierenden Stoff: Rhizopin.
Jahrb. f. wiss. Bot., **73**, 125 (1930).

— Über Wuchsstoff der Hefe. Bioch. Ztschr., **237**, 244 (1931).

Overbeek, J. van: Wuchsstoff, Lichtwachstumsreaktion und Phototropismus bei Raphanus.
Rec. trav. bot. néerl., **30**, 537 (1933).

Söding, H.: Hormone und Pflanzenwachstum.
Beih. z. bot. Ztbl., **49**, Erb. Bd. 469 (1932).

Strugger, S.: Über das Wachstum dekapitierter Keimpflanzen.
Ber. Deutsch. bot. Ges., **51**, 193 (1933).

Thimann, K. V.: Studies on the growth hormon of plants VI. The distribution of the growth substance in plant tissues.
Journ. gen. Phys., **18** (1934).

— and Dolk, H. E.: Conditions governing the production of the plant growth hormone by Rhizopus-cultures.
Biol. Zentralbl., **53**, 49 (1933).

Weij, H. G. van der: Über Wuchsstoff bei Elaeagnus angustifolia.
Proc. Acad. Amsterdam, **36**, 760 (1933 b).

— Über das Vorkommen von Wuchsstoff bei Meeresalgen.
Publ. della Stazione zoologica di Napoli., **13**, fasc. 2, 379 (1933).

Went, F. W.: Wuchsstoff und Wachstum.
Rec. trav. bot. néerl., **25**, 1 (1928).

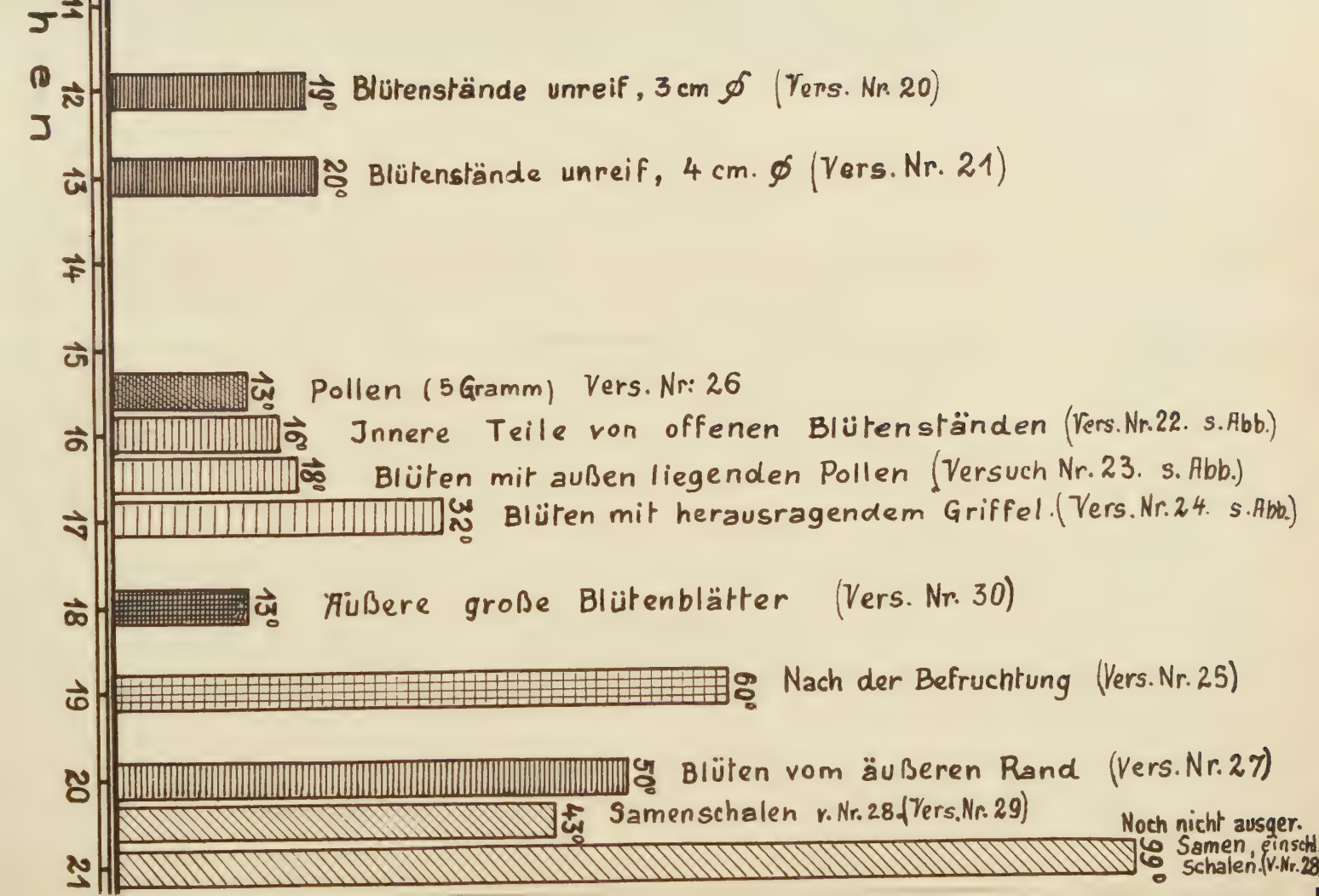
Lebenslauf.

Am 28. Februar 1903 wurde ich, Franz Meyer, als Sohn des verstorbenen Rechnungsführers Josef Meyer zu Eickelborn (Westfalen) geboren. Ich besitze die deutsche Staatsangehörigkeit. Von 1914—1922 besuchte ich das Gymnasium zu Werl (Westfal.), das ich mit dem Reifezeugnis verließ. Nach praktischer Ausbildung in verschiedenen industriellen Betrieben studierte ich Maschinenbau und Naturwissenschaften zu Hannover von Wintersemester 1922/23 bis Sommersemester 1925, zu Karlsruhe von Wintersemester 1925/26 bis Wintersemester 1927/28. Danach war ich 2½ Jahre als Ingenieur in der Industrie tätig und bezog Sommersemester 1931 die Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt a. M., an der ich bis einschließlich Sommersemester 1933 Biologie, Physik und Musikwissenschaften studierte.

Meine akademischen Lehrer waren folgende Herren Professoren und Dozenten:

Bauer, Drevermann, v. Düring, Firbas, Gerber, Klieneberger, Kräusel, Kuhl, Laibach, Madelung, Mauz, Meißner, Mertens, Möbius, Overbeck, zur Strassen, Weidenreich.

Abb. 1. Wuchsstoffgehalt von Helianthus während einer Wachstumsperiode


h e n
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
19° Blütenstände unreif, 3 cm ∅ (Vers. Nr. 20)
20° Blütenstände unreif, 4 cm. ∅ (Vers. Nr. 21)
13° Pollen (5 Gramm) Vers. Nr: 26
16° Innere Teile von offenen Blütenständen (Vers. Nr. 22. s. Abb.)
18° Blüten mit außen liegenden Pollen (Versuch Nr. 23. s. Abb.)
32° Blüten mit herausragendem Griffel. (Vers. Nr. 24. s. Abb.)
13° Äußere große Blütenblätter (Vers. Nr. 30)
60° Nach der Befruchtung (Vers. Nr. 25)
50° Blüten vom äußeren Rand (Vers. Nr. 27)
43° Samenschalen v. Nr. 28 (Vers. Nr. 29)
69° Noch nicht ausger. Samen, einschl. Schalen. (V. Nr. 28

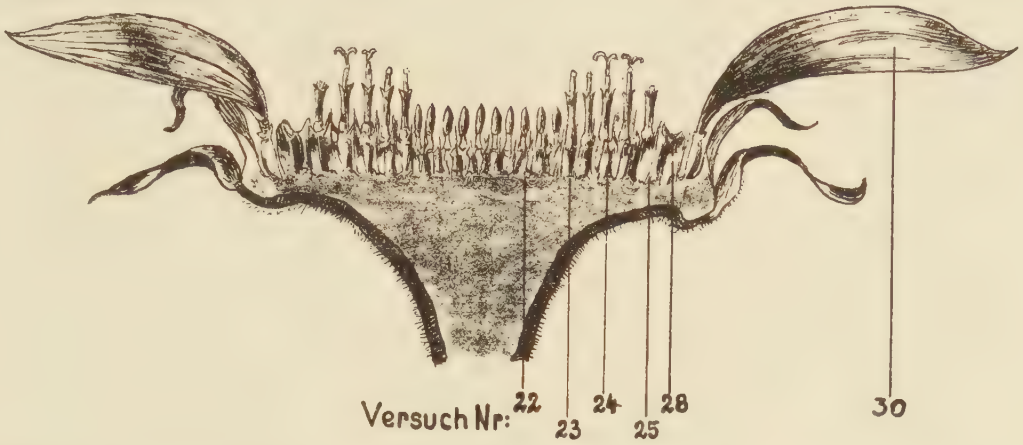


Abb. 2. Längsschnitt durch einen Helianthus - Blütenstand

Abb. 3.

Geschlossene Blüte
Versuch Nr. 22.

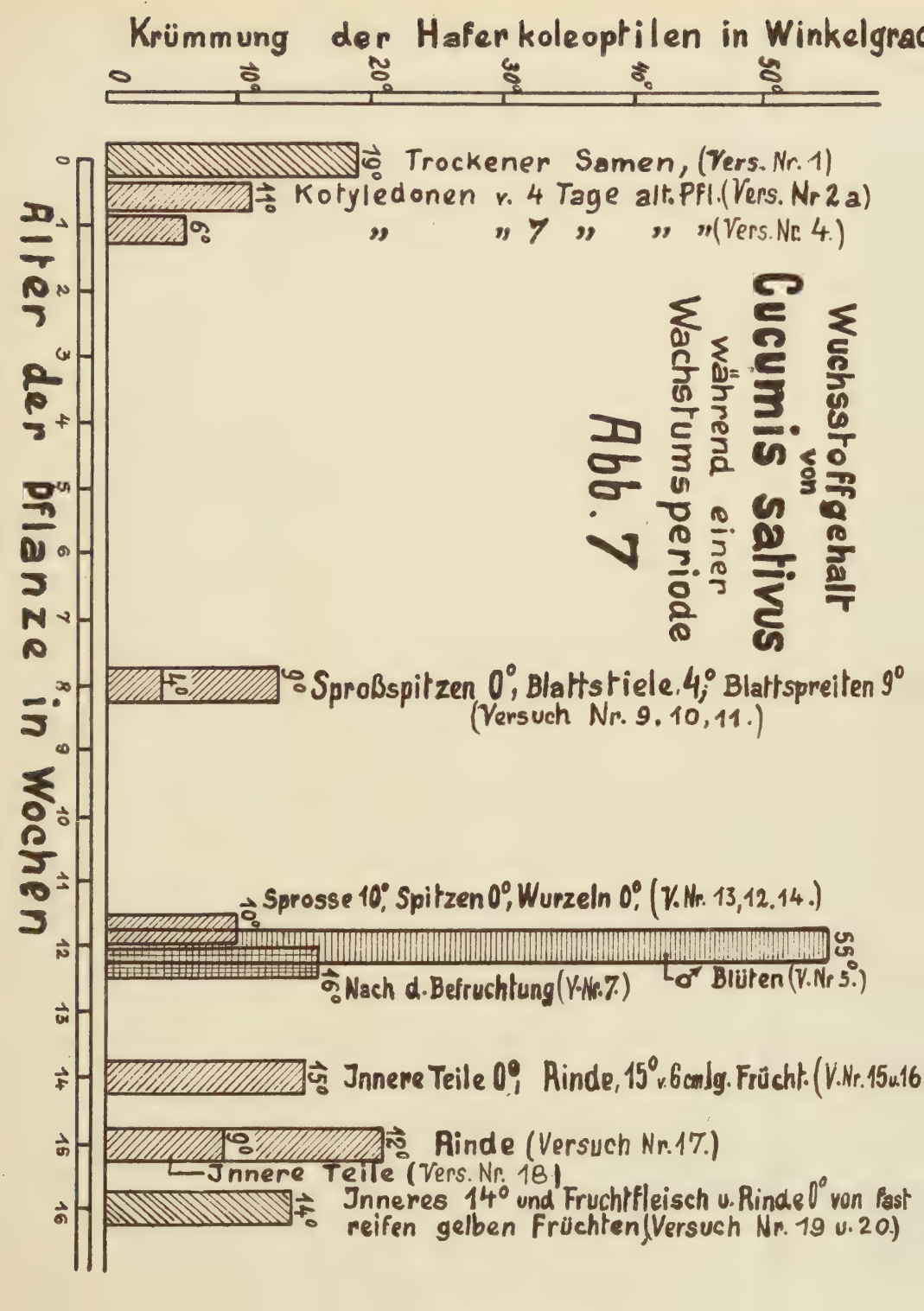
Abb. 4.

Blüte mit außen liegenden Pollen
Versuch Nr. 23.

Abb. 5.

Blüten mit herausragendem Griffel
Versuch Nr. 24.

nach Schmeil, Lehrb. d. Bot. 4. Aufl.


Krümmung der Haferkoleoptilen in Winkelgrad
0
10°
20°
30°
40°
50°
Alter der Pflanze in Wochen
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
19° Trockener Samen, (Vers. Nr. 1)
11° Kotyledonen v. 4 Tage alt. Pfl. (Vers. Nr 2a)
6° „ „ 7 „ „ „ (Vers. Nr. 4.)
Wuchsstoffgehalt von Cucumis sativus während einer Wachstumsperiode
Abb. 7
4°
9° Sproßspitzen 0°, Blattstiele 4°, Blattspreiten 9°
(Versuch Nr. 9, 10, 11.)
Sprosse 10°, Spitzen 0°, Wurzeln 0° (V. Nr. 13, 12, 14.)
10°
55°
16° Nach d. Befruchtung (V-Nr. 7.)
♂ Blüten (V. Nr 5.)
15° Innere Teile 0°, Rinde, 15° v. 6 cm lg. Frücht. (V. Nr. 15 u. 16
9°
12° Rinde (Versuch Nr. 17.)
Innere Teile (Vers. Nr. 18)
14°
Inneres 14° und Fruchtfleisch u. Rinde 0° von fast reifen gelben Früchten (Versuch Nr. 19 u. 20.)

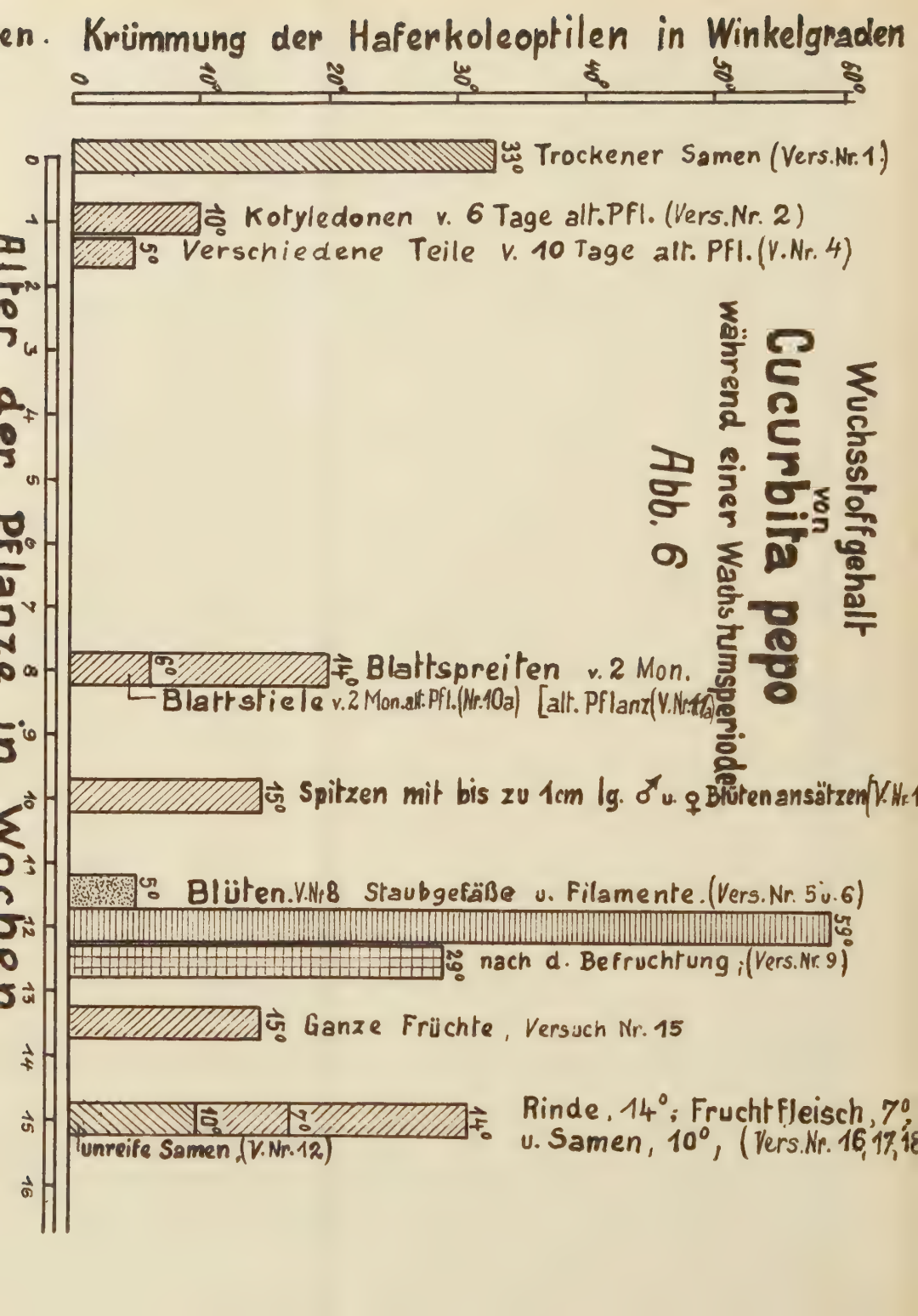

Krümmung der Haferkoleoptilen in Winkelgraden
0
10°
20°
30°
40°
50°
60°
Alter der Pflanze in Wochen
0
1
3
4
5
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
33° Trockener Samen (Vers.Nr.1)
10° Kotyledonen v. 6 Tage alt. Pfl. (Vers.Nr. 2)
5° Verschiedene Teile v. 10 Tage alt. Pfl. (V.Nr. 4)
Wuchsstoffgehalt
von
Cucurbita pepo
während einer Wachstumsperiode
Abb. 6
6°
Blattspreiten v. 2 Mon.
Blattstiele v. 2 Mon. alt. Pfl. (Nr. 10a) [alt. Pflanz (V.Nr.
15° Spitzen mit bis zu 1cm lg. ♂ u. ♀ Blütenansätzen (V.Nr.
5° Blüten. V.Nr 8 Staubgefäße u. Filamente. (Vers.Nr. 5 u. 6)
59°
29° nach d. Befruchtung; (Vers.Nr. 9)
15° Ganze Früchte, Versuch Nr. 15
14°
10°
3°
unreife Samen (V.Nr. 12)
Rinde, 14°; Fruchtfleisch, 7°,
u. Samen, 10°, (Vers.Nr. 16, 17, 18

Abb. 8 Wuchsstoffgehalt von *Zea mays* während einer Wachstumspe

riode

10°
Stengel von Pflanzen, die ♂ Blütenansatz tragen. (Vers. Nr. 21)
22°
Unreife ♂ Blüten. (Versuch Nr. 22)
74°
Staubgefäße mit reifen Pollen (Vers. Nr. 23)
166°
Befruchtete, noch milchige Körner. (Vers. Nr. 24)
13°
Inneres von trockenen Kolben (Vers. Nr. 25)
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Wochen